

# A helyiségek levegőátöblítése

DR. MAGYAR TAMÁS, (BME I. Épületgépészeti Tanszék)

A Tanszék az elmúlt években aktívan bekapcsolódott a nemzetközi légtechnikai kutatásokba. A munkatervek egyeztetésekor kiderült, hogy az a témakör — nevezetesen a helyiségek levegő átöblítése — amellyel a tanszék huzamos ideje foglalkozott, éppúgy problémát jelent az USA-ban, mint Európa számos fejlett országában. E témakörben több egyetemen és kutató bázissal különböző szintű együttműködést valósítottunk illetve, valósítunk meg.

Jelen cikkben a beruházót, tervezőt, kivitelezőt és üzemeltetőt érdeklő és a kutató munka eddigi és további tervezett fázisait ismertetem.

## 1. Probléma felvetés

A helyiségek levegő átöblítésekor felmerülő problémák zöme két okra vezethető vissza:

- a légátöblítés részleges, vagy nem tervezett voltára,
- az anemosztátok helytelen beépítési körülményeire.

Ezek az okok nemcsak a tervezőt és kivitelezőt terhelő problémák. A megvalósítási folyamat további résztvevői is — akaratlanul is — hozzájárulhatnak az okok objektív kialakulásához. Például, ha műszaki információhiány következtében a beruházás nem végezteti el a légátöblítés számítását (esetleg modellezését). Vagy, ha az üzemeltető más megfontolások (energetikai, átszervezés stb.) miatt megváltoztatja a tervezett légátöblítést. Tudatában kell lenni, hogy ezeknek lényeges következményei lesznek.

A légtechnikai rendszerek egyik eleme a zárt tér (helyiség) és ezen belül a tartózkodási zóna. Működés tekintetében ugyanolyan elem, mint a többi rendszerkomponens, mint például a légszűrő hálózat, vagy a szellőzőgépház elemei. Azonban a teljes rendszer megítélése szempontjából első helyre sorolható, mivel a tartózkodási zónában érzékelhetők azok a mikroklíma paraméterek, amelyek az emberből a kellemes hőérzetet kiválthatják. Következésképpen, egy nem, vagy rosszul méretezett helyiségátöblítés negatív véleményt eredményez a rendszer egészére vonatkozóan, annak ellenére, hogy a többi rendszer elem kifogástalanul működik.

Mint ismeretes, a helyiségeket első közelítésben energiaforgalom szempontjából méretezzük. Ez azt jelenti, hogy a helyiségek hő- és nedvesség egyensúlya biztosított a szabványos belső légállapot mellett. Azonban ez az egyensúly globális jellegű akkor, ha légátöblítés szempontjából nem méretezzük a helyiséget. Például a magas, 3 m feletti helyiségek légterében — oldal befűvés esetén — esetleges hőmérsékletretegződés lép fel. Ha a tartózkodási zónában biztosítani kívánjuk a belső előírt légállapotot, akkor a felső zónákban törvényszerű a magas hőmérséklet. Ez utóbbi, téli esetben feleslegesen megnöveli a transzmissziós hőáramot, energiavesztéssel jár. Előállt az a

furcsa állapot, hogy bár energiaforgalom szempontjából méretezett volt a rendszer, légátöblítés szempontjából nem, mégis többlet energia felhasználással kellett megfizetni a hibát.

Amíg az energia viszonylag „méretlenül” állt rendelkezésre, addig az ilyen rendszerek fent jelzett működése nem jelentett gondot az üzemeltetőknek. Többek között ez az oka annak, hogy megváltozott energia-helyzet után relatíve több „rekonstrukciós” igénnyel találkozhatunk.

De nem csak energiavesztéssel kell számolni a fenti példában, hanem azzal a ténnyel is, hogy a tartózkodási zónában nem az előírt légállapot fog létrejönni. Ugyanis nincs garancia arra — számítás nélkül —, hogy a szellőző levegő eljut a tartózkodási zónába, téli állapotban. A gravitációs felhajtóerő hatására meghiúsulhat a tér teljes átöblítése. Következésképpen a  $h-x$  diagramban kiszervezhető folyamatára nem a valóságot fejezi ki. Ebben az esetben becsléssel sem lehet meghatározni azt, hogy a tartózkodási zóna légállapotát reprezentáló  $t$  és  $\varphi$  értékpár a helyiségre jellemző  $\Delta h/\Delta x$  peremlépték félegyenesén a szellőző és távozó légállapotok között hol helyezkedik el.

Ilyen esetek láthatók az 1. ábrán, ahol a  $B$  jelzésű pont reprezentálja az energia forgalomra méretezett légállapotot, míg a  $B_a$ ;  $B_b$ ; és  $B_c$  pontok az ábrán vázolt esetekhez tartozó tartózkodási zóna légállapotát. Feltételezve, hogy a szellőző levegőnyaláb eléri a tartózkodási zónát, téli állapotban az ábrán jelzett légállapot intervallumok valamelyikébe kerül a tartózkodási zóna.

a) esetben:

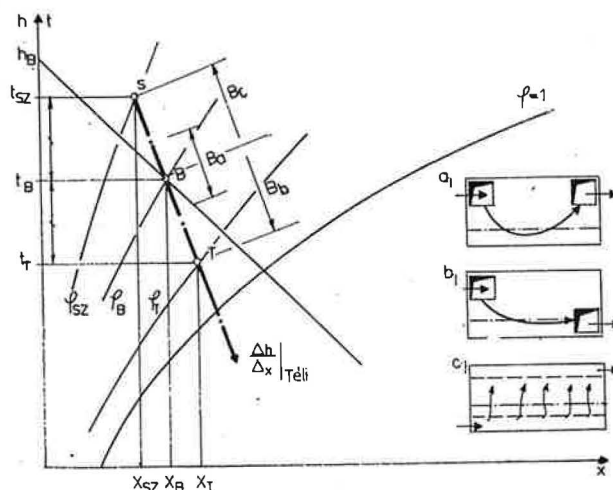
$$t_{sz}; \varphi_{sz} < t_B; \varphi_B < t_T; \varphi_T$$

b) esetben:

$$t_B; \varphi_B \rightarrow t_T; \varphi_T$$

c) esetben:

$$T_B; \varphi_B \rightarrow T_{sz}; \varphi_{sz}$$



1. ábra

A bemutatott esetek megszerkeszthetők nyári esetre is és hasonló, figyelemre méltó következtetések vonhatók le. Lényegesen megváltozik a helyzet akkor, ha a légsugárnyaláb nem éri el a tartózkodási zónát, illetve ott szekunder légáramlás alakul ki. Ilyen esetekben a helyiség egészére jellemző peremlépték félegyenese nem tartalmazza a tartózkodási zóna légállapotát jelölő  $B$  pontot. Tehát az előírt belső légállapot nem valósul meg. Következésképpen a vonatkozó műszaki előírásoknak a klimatizált tér nem felel meg.

Káros hatású az anemosztátok helytelen beépítése is. Az anemosztátokra vonatkozó katalógus értékek csak a gyártó által közölt beépítések mellett garantáltak. Azoktól történő eltérés megváltoztatja a működésre jellemző egyenletek peremfeltételeit, tehát megváltozik a kialakuló sebesség- és hőmérsékletmező is. A megváltozott sebességmező a tervezett légállapottól eltérőt hoz létre a tartózkodási zónában. Tehát egy-egy esetben nem egy termék minőségi kifogásolhatóságáról lehet kizárólag szó, hanem megvizsgálandó a be- tervezett anemosztát rendszerhez történt illesztése.

Felmerül a kérdés, hogy melyek azok a körülmények, amelyek előidézik a részletezett okokat? Mindenekelőtt egy korábbi szemlélet, amely szerint a szellőztető rendszer a befúvó anemosztátnál végződik, illetve az elszívó hálózat a légelvezetés rácsától indul.

A korábbi szemlélet következménye, hogy a gyakorlatban a befúvórácsok kiválasztása egyet jelentett az átöblítés megtervezésével. A kiválasztás ugyanakkor levegőkibocsátás és ellenállás érték alapján történt. Maximális tevékenységként jelentkezett a vetőtávolság meghatározása. A tervezők igen jelentős hányada már az utóbbitól is idegenkedik, ha nincs a tervező irodában valamilyen „házi szabvány”. A reagáláson nem lehet csodálkozni, mivel hivatalos előírásaink e tekintetben kevés konkrétummal rendelkeznek. A szakirodalomban megjelenő ilyen irányú munkák a kutatók munkásságának széles skáláját ismertetik. Ez utóbbi elbizonytalanítja a tervezőket, akiknek nincs arra idejük és módjuk, hogy utána nézzenek az alapszakirodalomban egy-egy összefüggés érvényességének.

Megint mások a katalógus adatait, összefüggéseit „adaptálják” hazai viszonyokra. Több okból téves megoldás, ugyanis a katalógus adatok (összefüggések) félempirikus jellegűek, így azok csak és kizárólag arra a gyártmányra és az ott közölt feltételek mellett igazak. Mivel az alapvető összefüggések nincsenek a tervezők birtokában, ezért adaptálásáról szó sem lehet. A vetőtávolságra irányuló számítások azt a tévhitet sugallják, hogy csak sugárszellőzéssel oldható meg egy adott feladat.

## 2. Helyiségek légátöblítésének tervezhetősége

Egy helyiség légátöblítését akkor tekintjük tervezettnek, ha elfogadható megbízhatósági szinten ismertté válik előttünk a tartózkodási zóna lég-

sebesség- és hőmérséklet mezői és azok kielégítik a műszaki előírásokban rögzített értékeket.

A helyiség légsebesség- és hőmérséklet mezői meghatározásának az alábbi három módja ismeretes:

- Félempirikus számítások [6], [9], [4];
- Matematikai modell [8], [11];
- Háromdimenziós fizikai modell [2], [12].

Ez a felsorolás egyben pontossági sorrendet is jelent. A félempirikus számítások némely esetben kielégítő pontosságú számítást adnak, minimális ráfordítással. Azonban nem alkalmazhatók általános érvényűen. Ugyanakkor a háromdimenziós légmoddellen különböző variánsok elemezhetők, kétségkívül nagyobb investálással. Mindig az adott feladat igényessége dönti el azt, hogy mikor, melyik megoldási mód alkalmazható.

A félempirikus számítások a szabad, illetve korlátozott légsugarak viselkedését írják le. Ezek a számítások az alapjai az anemosztát katalógusokban alkalmazott diagramoknak.

P1. izoterm szabadsugarak esetén:

$$\int_A u \rho u \, dA = 0$$

vagy izoterm falisugarak esetén:

$$\int_A u \rho u \, dA = - \int_A p \, dA$$

vagy nem izoterm szabadsugarak esetén:

$$\int_A u \rho u \, dA = \int_V g \rho \, dV$$

stb. egyenletek mérések útján történő megoldása — az adott peremfeltételek mellett — képezik a diagramok alapját.

Az utóbbiakkal kapcsolatos elméleti alapokat és megfontolásokat bővebben korábban kifejtettük [5]; [6] kutatási jelentéseinkben. A félempirikus összefüggésekkel (diagramokkal) végzett számítások általában becslések végzésére alkalmasak, mivel a fenti összefüggés nem ad információt a helyiség egyéb impulzustranszportjára. Következésképpen a számítások eredményeit fenntartással lehet csak figyelembe venni.

Kedvezőbb közelítést ad a matematikai modell numerikus módszerrel történő megoldása. Az alkalmazott egyenletrendszert a Navier—Stokes és a kontinuitás egyenletek, illetve az energia egyenlet alapján állították fel. Az egyenletrendszer stabil, kétdimenziós helyiségáramlást tételez fel, amely az esetek többségében elfogadható közelítés. A turbulens mozgás problémáját turbulencia modell alkalmazásával ( $k-\epsilon$ ) lehet megoldani, amely a  $k$  turbulens kinetikus energiára vonatkozó transzport egyenletből és az  $\epsilon$  turbulens kinetikus energia disszipáció egyenletekből áll. Az egyenletek számának csökkentése érdekében az áramfüggvény bevezetésével mód nyílt az örvénytranszport és transzport egyenletek felállítására.

A fenti egyenletrendszer véges különbségek módszerével — számítógép felhasználásával —

adott feladatra megoldható. Eredményeképpen kirajzolható a helyiség sebesség- és hőmérséklet topográfiája egy adott anemosztát elhelyezés mellett. A módszer csak annyira megbízható, mint amennyire abban az esetben a kétdimenziós helyiségáramlás közelíti a valóságot. A módszert bővebben Nielsen, Scholz és Hanel ismerteti [8], [11].

Egy konkrét feladat tekintetében a legtöbb információt a háromdimenziós légmodell adja. A modell-törvények alkalmazásával megépített modellben, megfelelő mérőberendezéssel nyomon követhető a légsebesség- és hőmérséklet mező alakulása különbözőképpen változtatott peremfeltételek esetén. A tervezés fázisában mód nyílik arra, hogy a különböző paraméterű be- és kiáramló levegő tartózkodási zónára gyakorolt hatását megvizsgáljuk. A modellmérésekre különböző mérési metódusokat dolgoztunk ki, melyeket nemzetközi konferenciákon mutattunk be [12].

### 3. A légvezetési rendszerek (LVR)

Az energiatakarékos rendszerek kialakítása nem képzelhető el ún. légvezetési rendszerek ismerete nélkül. Mivel a hazai gyakorlatban ezeknek a rendszereknek az ismerete csak részleges, ezért célszerűnek látszik az alábbiakban rövid összefoglalást adni a nemzetközi gyakorlatból.

A helyiségbe bevezetett kezelt levegő impulzusa a helyiség levegőjét jól érzékelhető, karakterisztikus mozgásba hozza. Ezt a primér és szekunder légáramlásokat a helyiség *légvezetési rendszerének* (LVR) nevezi a szakirodalom.

A jelenlegi ismereteink szerint a szakterületünk [7] az alábbi öt légvezetési rendszert különbözteti meg:

1. Légsugár LVR
2. Mikroklíma LVR
3. Érintőleges LVR
4. Dugattyúhatás-szerű LVR
5. Diffúz LVR

Ez a csoportosítás nyilván nem öncélú, mivel minden egyes LVR-hez más típusú anemosztát tartozik, illetve eltérő méretezési módszerek alapján tervezhetők. Következésképpen a tervező mérnök szabadsága abban, hogy milyen légvezetési rendszert kíván tervezni, nem korlátlan. Döntését befolyásolja az, hogy

- a) az átöblítéssel milyen célt kíván elérni;
- b) a helyiség hő- és nedvesség terhelése milyen nagyságrendű.

Az a) pont alatt a légvezetés közvetlen célját értjük (pl.: szennyezőanyag eltávolítása, vagy távoltartása, hő- vagy nedvesség elszállítása, hőérzeti jellemző kedvező értéken tartása). Másfajta légvezetést kell megvalósítani akkor, ha a tartózkodási zónában viszonylag nagy impulzusra van szükség ahhoz, hogy ott lokalizálni lehessen az intenzív hőfelszabadulást. Ilyen esetben előnybe részesítendő az ún. légsugár légvezetési rendszer.

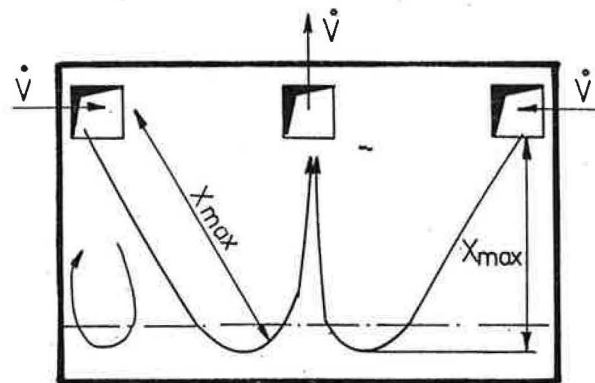
Egy másik esetben, amikor a levegő bevezetése viszonylag közel kerül a tartózkodási zónához, célszerű az ún. diffúz légvezetési rendszer alkalmazása. Ez utóbbi légvezetés előnye a viszonylag

nagy mennyiségű levegő huzatmentes bevezetésében érvényesül.

A b) pont alatt említett szempont energetikailag motiválja a döntést. Nem tisztán arról van szó, hogy egy légvezetési rendszeren belül alulról felfelé, vagy fordítva megvalósuló légátöblítés vezet a stabil, huzat és holtzóna mentes átöblítéshez, bár ez is fontos momentum. Hanem arról is szó van, hogy jól átgondolt légvezetéssel, hővisszanyerő alkalmazása nélkül is megvalósítható a térben keletkező hő hasznosítása. Például az ipari csarnokok esetében a magasabb hőmérsékletű helyeken való levegő bevezetés, indukciós készülékekkel.

#### A légsugár LVR

Légsugár légvezetési rendszeren olyan helyiségen belüli légáramlást értünk, ahol a szellőző levegő fűvókából, vagy ahhoz hasonló kialakítású anemosztátból lép ki. Továbbá jellemző az egyes anemosztátokból a viszonylag nagy levegő térfogatáram kibocsátás. A helyiség alapterületére vonatkoztatott szellőző levegő térfogatárama:  $\dot{V}^+ > 30 \text{ m}^3/\text{hm}^2$  értékű. A légvezetési rendszert a 2. ábrán szemléltetjük.



2. ábra

A légsugár LVR alapvetően ipari csarnokok, sportlétesítmények, illetve olyan helyiségek légátöblítésére ajánlható, ahol a belmagasság  $H > 3,5 \text{ m}$ .

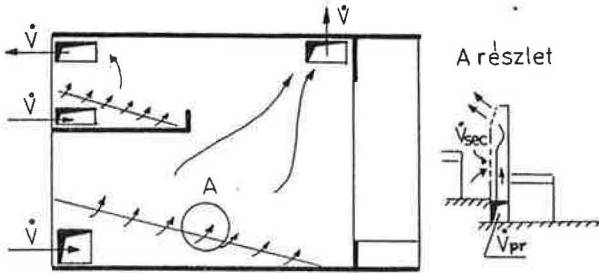
Fő jellegzetességei az alábbiak:

- a tartózkodási zónában a szellőző levegő primér áramlása a meghatározó;
- a szellőző levegő pontszerű légkibocsátásból lép ki — szinguláris levegő bevezetés;
- légbevezető szerkezetként fali anemosztátok (pl.: ANE; ANK; VSZ stb.), illetve fűvókák alkalmazhatók (pl.: SF stb.).

A légsugár LVR előnyeként tartják számon azt, hogy a rendszer jól méretezhető a légsugár törvények segítségével és működése kevésbé érzékeny a gravitációs erőkből származó keresztteffektusokra. Azonban minden esetben javasolható a légsugarak pályagörbéjének meghatározása — a 2. pontban említett módszerekkel. Továbbá, ellenőrizendő az, hogy a légsugarak valóban elérik-e a tartózkodási zónát. Vertikális levegő bevezetése esetén, a lefelé irányított meleg légsugár behatolás. távolságának meghatározása, egyértelműen eldönti a LVR használhatóságát, az adott esetre-

### Mikroklíma LVR

Mikroklíma légvezetési rendszerről akkor beszélünk, ha a szellőző levegőt közvetlenül a tartózkodási zónába juttatjuk be azzal a céllal, hogy ott kedvező mikroklíma paramétereket hozzunk létre. Ilyen rendszert szemléltetünk a 3. ábrán.



3. ábra

A mikroklíma LVR-t igényes komfort szintű helyeken alkalmazzuk, mint pl. színházterem, koncertterem, előadóterem, vagy magas komfortú irodák esetében. Jellegzetességeit a következőkben foglalhatjuk össze:

- a primer szellőző levegő a helyiség levegőjével keveredve lép be a tartózkodási zónába;
  - a levegő bevezetés speciális (indukciós) anemosztátokon keresztül történik; a tartózkodási zóna alatti komprimált térből;
  - nem a teljes tér klimatizálása a cél, így a primer szellőző levegő térfogatárama kisebb a hagyományos rendszerekénél;
  - a tartózkodási zóna homogén légállapota biztosított (minimális a hőmérséklet rétegződés).
- A mikroklíma LVR előnye az említettek kivül, a kedvező energiafelhasználás, mivel a  $\dot{V}_{primer}/\dot{V}_{szekunder}=2$  arány betartható. Hátránya, hogy csak ott valósítható meg, ahol a széksorok, illetve íróasztalok állandó telepítésűek.

Ezt a LVR-t nem szabad összetéveszteni a széksorok alatti levegőbevezetéssel és ily módon lentről felfelé történő légátöblítéssel. Ez utóbbinál a szellőző levegő nem keveredve lép be a tartózkodási zónába és nem az emberek légzési síkjában fejti ki hatását.

A mikroklíma LVR tervezésekor szükségesnek látszik néhány tapasztalat figyelembevétele:

- a befúvási irányt úgy célszerű megválasztani, hogy a benttartózkodók feje ne kerüljön a légsugár tartományába, hanem annak indukciós mezőjébe;
- előadó- és színházterem esetén:

kb.  $\dot{q}=100 \text{ W/m}^2$  fajlagos hűtőterhelés mellett

$$\dot{V}_{primer} = 25-30 \text{ m}^3/\text{h}$$

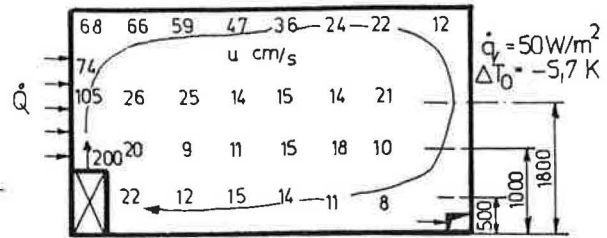
$$\dot{V}_{szekunder} = 13-20 \text{ m}^3/\text{h}$$

- munkahelyek és konferencia terem esetén:

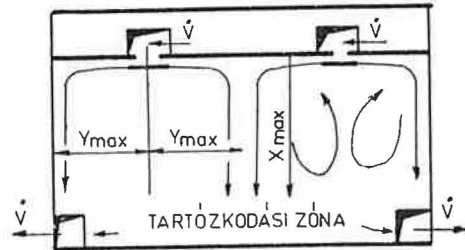
kb.  $\dot{q}=120-200 \text{ W/m}^2$  hűtőterhelés mellett

$$\dot{V}_{primer} = 30-50 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$\dot{V}_{szekunder} = 15-25 \text{ m}^3/\text{h}$$



4. ábra



5. ábra

A fenti arányok betartásával alakítható ki a tartózkodási zóna közel homogén hőmérséklete [7].

### Érintőleges LVR

Az érintőleges légvezetési rendszerek esetében a szellőző levegőt vagy a helyiség határoló falai mentén, vagy valamely más légsugár áramlása mentén vezetjük be. Ilyen LVR-t szemléltetünk a 4. és 5. ábrákon.

Fő alkalmazási területe: az irodák, alacsony belmagasságú helyiségek  $H < 3 \text{ m}$ , előadó terek. Jellegzetességeit az alábbiakban foglaljuk össze:

- klimatizált tér légáramlás szempontjából két részre bontható: primer áramlás, illetve szekunder áramlás tereire;
- a primer áramlás a falsíkok és más légsugarak mentén jön létre. A szekunder áramlás általában a helyiség közepén jelentkezik, a huzat szempontjából nem jelentős forgási sebességgel;
- a levegő bevezetés szerkezete elhelyezéstől függően lehet: fali anemosztát (ANE; ANK falszögletben elhelyezve); mennyezeti anemosztát (pl.: NRS; KRS; KRK); indukciós konvektor;
- a helyiségek maximális fajlagos hőterhelése:  $\dot{q} < 60 \text{ W/m}^2$ ;  $H=3 \text{ m}$ ;  $n \leq 7 \text{ 1/h}$  paraméterek mellett.

Hátrányaként említhető meg az ún. rövidre zárásra való érzékenység. Mint ismeretes, ez utóbbi alatt a szellőző levegő helyiségből való közvetlen elvitelét értjük oly módon, hogy a bevezetett kezelt levegő nem, vagy csak minimális mértékben keveredett a helyiség levegőjével. Következésképpen az így elvezetett szellőző levegő áram nem vesz részt a helyiség hő- és nedvességterhelésének forgalmában.

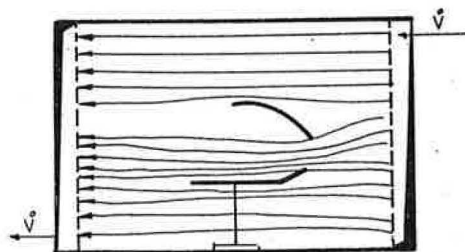
A rövidre zárás veszélye különösen az 5. ábrán szemléltetett esetben áll fenn akkor, ha az elszívó anemosztát is a mennyezetre kerül. A mennyezeti

anemosztátok szimmetrikus kiosztásakor — amely a belső építész jogosnak nevezhető esztétikus igény — óvakodni kell a befúvó és elszívó anemosztátok váltakozó alkalmazásáról. Ez utóbbi az anemosztátorsók váltakozó telepítésére is érvényes.

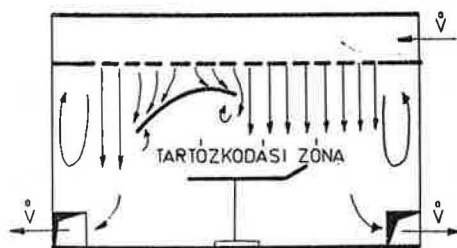
### Dugattyúhatás-szerű LVR

Dugattyúhatás-szerű légvezetési rendszer alatt vertikális vagy horizontális, keresztirányú konvekciótól mentes helyiség levegő áramlást értünk amelyeknél a légáramlás tehetetlenségi erői lényegesen nagyobbak a gravitációs áramlás erőinél.

Ilyen LVR-t ott célszerű alkalmazni, ahol alapkövetelmény a kiemelkedően nagy hőáram elszállítás, vagy higiénikus, illetve más technológiai okokból nagyfinomságú, steril mikroelektronikai gyártóorsók; műtők; intenzív helyiségek; számítógép termék, egyéb nagy tisztaságú helyiségek stb. A felsoroltak közül néhányat szemléltetünk a 6. és 7. ábrákon.



6. ábra



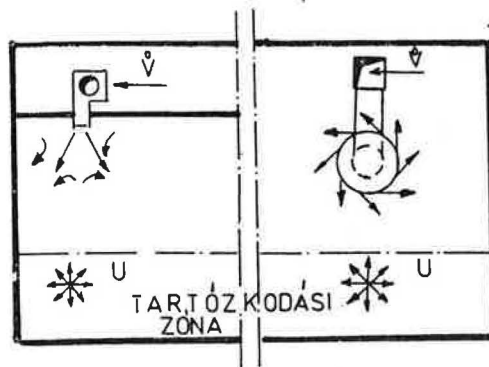
7. ábra

A légvezetési rendszer jellegzetessége:

- viszonylag nagy felületen (perforált lemez) történik a nagy légtérfogatáram bevitele a helyiségbe;
- a helyiség fajlagos hőterhelése  $\dot{q} > 250 \text{ W/m}^2$  is lehet;
- nagy légcsereszám valósítható meg,  $n > 200/\text{h}$ ;
- a helyiségben stabil horizontális vagy vertikális légáramlás alakul ki  $0,2 < u < 0,4 \text{ m/s}$  átlagsebesség mellett;
- az alkalmazott levegőbefúvó szerkezet perforált mennyezet vagy oldalfal, illetve steril szűrős kislégsebességű anemosztát.

### Diffúz LVR

Diffúz légvezetési rendszeren olyan helyiség-áramlás értendő, ahol a szellőző levegő bevezetése a tartózkodási zóna fölött, erősen induktív módon



8. ábra

történik. A szellőző levegő sebessége — a helyiség levegőjével való intenzív keveredés következtében — annyira lecsökken, hogy a tartózkodási zónában huzatjelenség egyáltalán nem tapasztalható. Így a hőérzet szempontjából kritikus helyeken egyenletes — diffúz légmozgás figyelhető meg. Elvileg, ezzel a légvezetési rendszerrel optimális viszonyok valósíthatók meg a helyiségben. Ilyen esetet ábrázolunk a 8. ábrán kétféle levegő bevezető szerkezettel.

A diffúz LVR fő jellemzői az alábbiak:

- a szellőző levegő nagy indukcióval lép be a helyiségbe;
- a szokásostól eltérően nagy hőmérséklet különbség valósítható meg a szellőző levegő és a helyiség levegő hőmérséklete között.

$$0 < \Delta T_0 < 15 \text{ }^\circ\text{C}$$

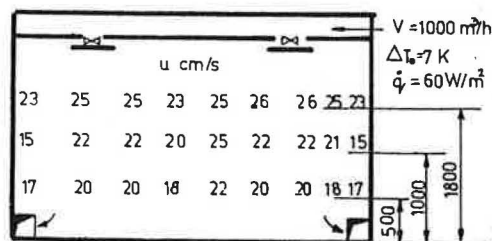
- a tartózkodási zóna homogén mozgásintenzitású;
- a levegő bevezető szerkezet lehet:
  - réskifúvás,
  - radiális, pl.: ROT—AIR,
  - fúvókacsoport.

Alkalmazási területe nemcsak iroda, üzletház és más igényes komfort fokozatú helyiségek, hanem ipari gyártó és szerelő csarnokok is. Azonban különbséget kell tenni a LVR kialakításában az említett kétféle rendeltetésű terekben. A tapasztalat alapján kis belmagasságú helyiségek esetén a

$$\dot{q}_{\text{max}} \leq 60 \text{ W/m}^2; n \leq 8/\text{h}; \Delta T_0 \leq 8 \text{ K}$$

érték betartása ajánlatos,  $22 \text{ }^\circ\text{C}$  belső hőmérséklet mellett.

A diffúz LVR előnyét — a homogén sebességű tartózkodási zónát — mutatjuk be a 9. ábrán. A kísérlet 3 m belmagasságú helyiségben zajlott le,



9. ábra

radiális induktív anemosztáttal. A tartózkodási zónában tapasztalható viszonylag egyenletes, alacsony légsebesség utal a teljes huzatmentes átöblítésre. A helyszíni mérés alapadatait a 9. ábra tartalmazza.

#### 4. Összefoglalás

Tanszékünk a vázolt kutató munkát több síkon folytatja, részben hazai, részben külföldi kutató helyen. Hazai környezetben a laboratóriumi tevékenység kerül előtérbe, mivel az utóbbi időben sikerült nemzetközi színvonalú műszerparkot telepíteni. A kutató munka jelenlegi fázisában úgy látjuk, hogy az egyes LVR-nek meghatározott kritériumai lehetnek. Ezek a kritériumok alkalmasak lehetnek arra, hogy a tervezőnek útmutatást adjanak a LVR objektív kiválasztásában.

#### IRODALOMJEGYZÉK

- [1] *Detzer, R.*: Beitrag über das Verhalten runder Luftfreistrahlen. Diss. Stuttgart, 1973.
- [2] *Heiselberg, P.—Nielsen, P.*: The contaminant distribution in a ventilated room with different air terminal devices. University of Aalborg, 1987.
- [3] *Hanzawa, Melikov, Fanger*: Field measurements of characteristics of turbulent air flow in the occupied zone of ventilated spaces. Clima 2000. Koppenhága, 1985.
- [4] *Koestel, A.*: Computing temperatures and velocities in vertical jets of hot or cold air. Transactions American Society of Heating and Ventilating Engineers. 1954.
- [5] *Magyar T.*: Hazai gyártású anemosztátok mérési vizsgálata. Épületgépészet. 1982. 2. sz.
- [6] *Magyar T.*: Egyirányból határolt légsugarak viselkedése zárt térben. Dissz. BME 1980.

- [7] *Moog, W.*: Dimensionierung von Luftführungssystemen Krantz. Lufttechnik, 1977.
- [8] *Nielsen, P.*: The velocity characteristics of ventilated rooms. 1977. Imperial College. London.
- [9] *Regenscheit, B.*: Strahlgesetze und Raumströmung, Klíma-Kälte-Technik, 1975. 6. sz.
- [10] *Schwenke, H.*: Über das Verhalten ebener horizontaler zuluftsrahen im begrenzten Raum. Lüftungs-Klimatechn. 1976. Dresden.
- [11] *Scholz-Hanel*: Computergestützte Berechnung der Raumluftströmung. VEB VERLAG TECHNIK. 1988. Berlin.
- [12] *Magyar, T.*: Experiments of recent measuring of air movement in confined spaces. Koppenhága, 1985. Clima 2000.

#### Jelölések:

|              |   |
|--------------|---|
| $A$          | felület   |
| $\Sigma Q$   | hőterhelés  |
| $T$          | hőmérséklet (abszolút)                                      |
| $\Delta T_0$ | kezelt levegő túlhőmérséklete ( $T_{sz} - T_B$ )            |
| $\dot{V}$    | térfogatáram  |
| $g_a$        | gravitációs gyorsulás                                       |
| $h$          | entalpia  |
| $n$          | légszerszám   |
| $p$          | nyomás  |
| $x$          | abszolút nedvességtartalom                                  |
| $q$          | fajlagos hőáram, alapterületre vonatkoztatva = $\Sigma Q/A$ |
| $t$          | hőmérséklet   |
| $u$          | főirányú légsebesség  |
| $\varphi$    | relatív páratartalom  |
| $\rho$       | levegő sűrűség  |

#### indexek:

|      |          |
|------|----------|
| $sz$ | szellőző |
| $T$  | távozó   |
| $B$  | belső    |

## Lapszemle

Önszabályozó fűtőszalag (Selbstregulierendes Heizband). — *Gas, Wasser, Abwasser*, 1988. 10. sz. p. 582.

Csővezetésekre tekerceselhető, kettős ellenálláshuzal, összefogva félvezető elektromos szigetelővel és külső védőréteggel. A fűtőszalagot fagyvédelem céljából a csővezeték hőszigetelése alá helyezik, nyújtott hullámvonalú tekerceseléssel. Az önszabályozással a cső fűtési költségei csökkenthetők.

Lakó- és középületek fűtésének programirányítása matematikai modellezés alapján (Matematicheskoe modelirovanie programnogo izmenenija otpuska teploty zhilya i obshhestvennykh zdaniy). — BYKOVA, A. I.; AVERJANOV, V. K. — *Izvestija Vuzsikh Uchebnykh Zavedenij Energetika*, 1988. 9. sz. p. 79—83.

Helyiségek fűtésének matematikai modellje (hőleadó felületek, helyiség, határoló falak). A kezdeti feltételeket és a peremfeltételeket figyelembe vevő megoldás a Laplace-transzformáció módszerével. A fűtési rendszer paramétereinek meghatározása. A fűtésre leadott hő számítása. A visszatérő-víz hőmérséklete a belső terek hőmérsékletére vonatkozó adatok hordozója és ez felhasználható a fűtés irányításához, továbbá a programirányítás megszervezésében.

Fényvillamos berendezések rendszertechnikája és tervezési szempontjaik. (Systemtechnik und Auslegungskriterien für photovoltaische Anlagen.) — WILK, H. — *Österreichische Zeitschrift für Elektrizitätswirtschaft*. 1989. 1. sz., p. 26—40.

A fényvillamos rendszerek a napenergiát közvetlenül egyenárammá alakítják. A kezdetben csak az űrhajózás számára tervezett fényvillamos berendezések elterjedtek a földi alkalmazásban is. Sorozatban gyártott napelemek háztartási villamosenergia-igény fedezésére. Ausztriában főleg a magas, napos hegyvidékeken előnyös a napelemes rendszerek alkalmazása. A többkristályos, az egykristályos és az amorf szilícium napelemek, modulok elemszámjai (27—40), az elemek mérete (100—200 mm<sup>2</sup>), üresjáratú feszültségük (0,8 V), rövidzárlati áramuk (3,3 A). A napelemek működését befolyásoló tényezők (besugárzás, a levegő hőmérséklete, elemhőmérséklet stb.). A fényvillamos rendszer további berendezései: akkumulátorok, áramátalakítók, szabályozók és kapcsolórendszerek. Fényvillamos berendezés szigetüzemben; kapcsolási lehetőségek. Napelemek használata kis berendezésekhez (játékok, zsebszámológép, óra, rádió stb.) Országos hálózatra kapcsolt fényvillamos berendezések Ausztriában. Tervezési alapadatok, matematikai modell.